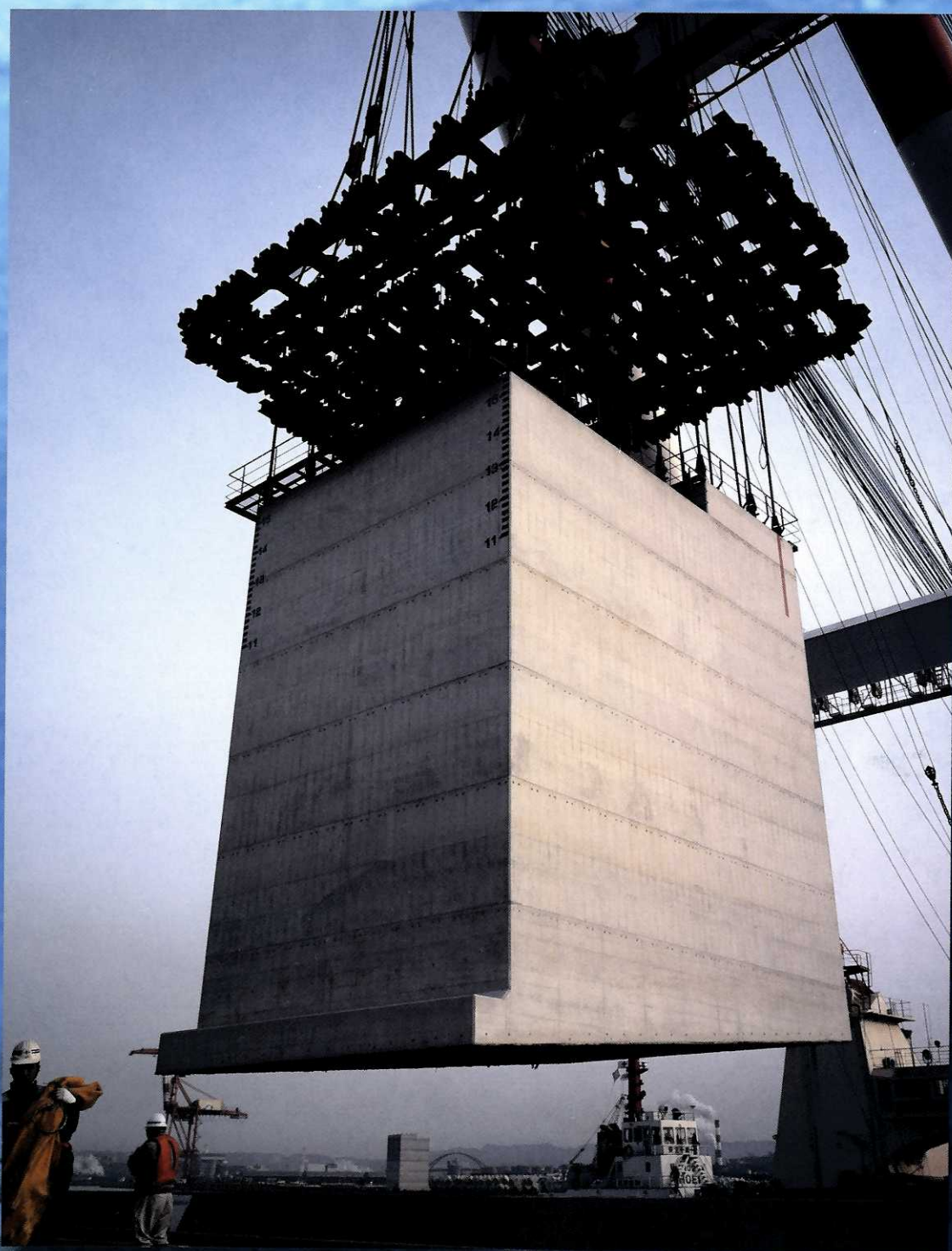


低コストで耐震強化を実現する新しい工法

斜底面ケーソン工法

WEDGED CAISSON METHOD



独立行政法人 港湾空港技術研究所 国土交通省近畿地方整備局
共同研究開発グループ

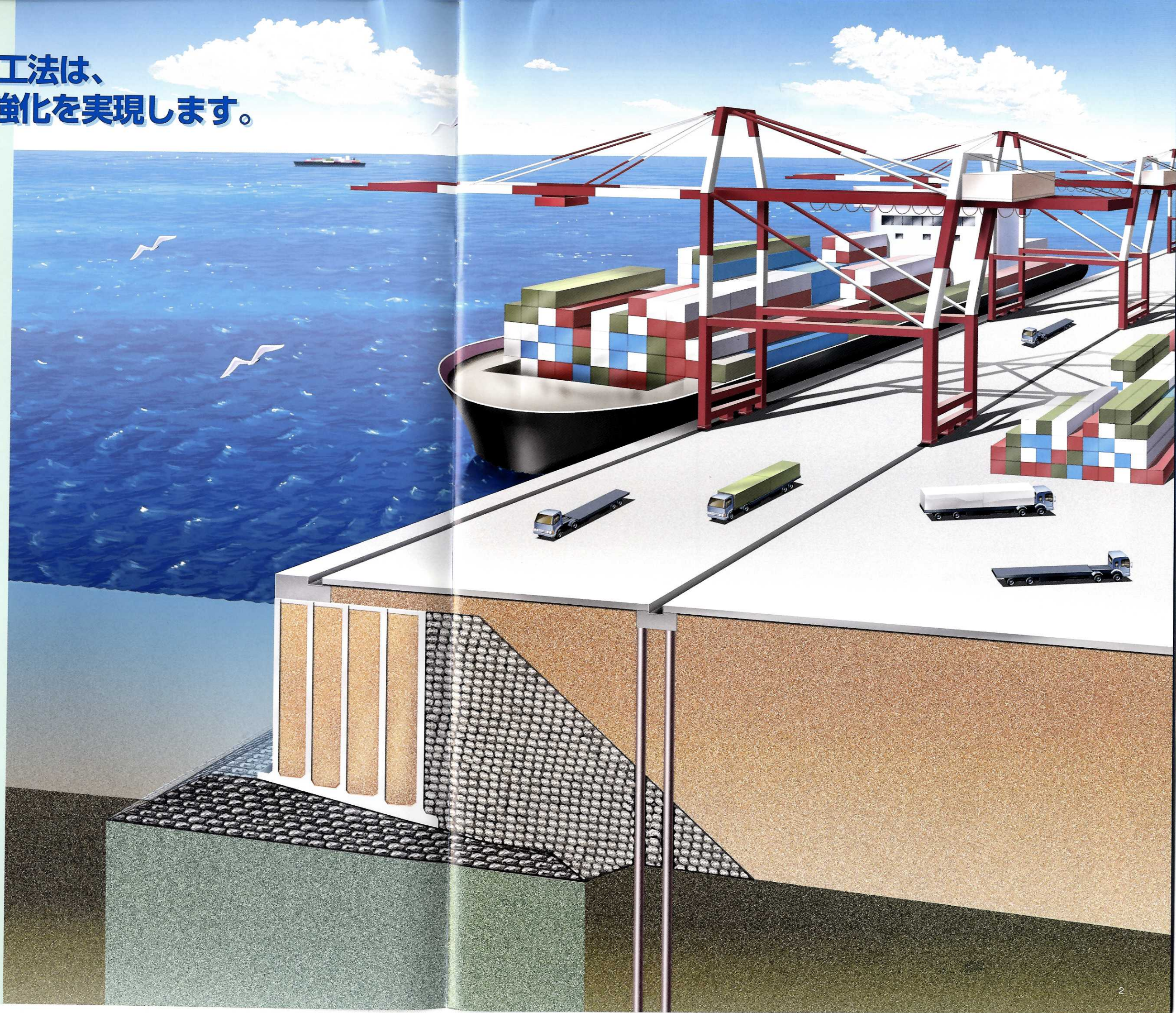
斜底面ケーソン工法は、 低コストで耐震強化を実現します。

耐震強化岸壁を整備する際、従来式のケーソンでは、地震時の滑動抵抗力を高めるために重量アップが必要になり、堤体幅の増大を伴うため建設費が高くなっています。

斜底面ケーソン工法(WEDGED CAISSON METHOD)は、マウンド上面およびケーソン堤体の底面に勾配をつけ、陸側に向かって深くすることにより、背後土圧や地震力に対する滑動抵抗力を増大させ、従来のケーソンより堤体幅を狭くすることが可能で、特に設計震度の大きい耐震強化岸壁の建設費を縮減する画期的な技術です。

なお本工法は、独立行政法人港湾空港技術研究所、国土交通省近畿地方整備局、五洋建設株式会社、株式会社竹中土木、東亜建設工業株式会社、東洋建設株式会社、JFEエンジニアリング株式会社、7者の共同研究グループによって開発された工法です。

斜底面ケーソン工法は、
共同研究グループ7者の特許工法です。
特許登録番号 特許第3265321号



特 長

1 ケーソン幅の縮小

同じ設計震度で従来のケーソンに較べケーソン幅を小さくできます。特に、設計震度Khが0.25以上の耐震強化岸壁において、大きな効果が期待できます。

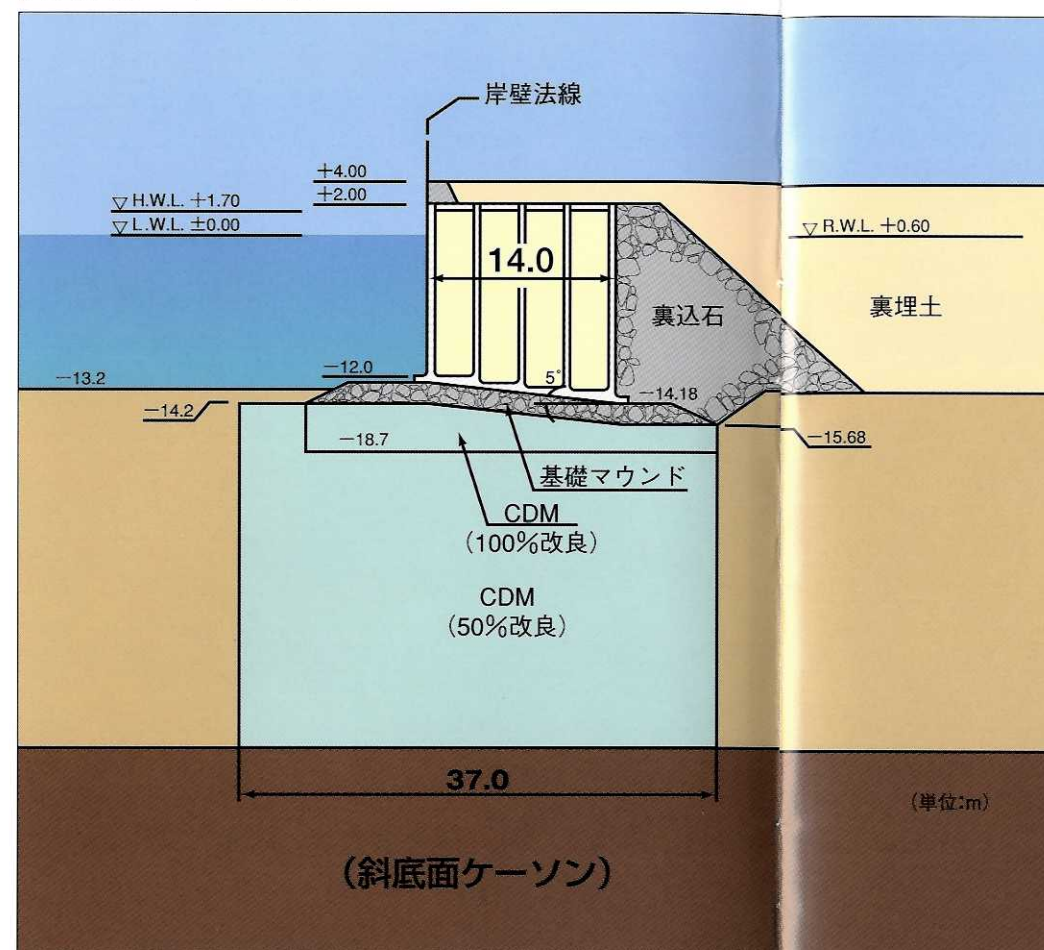
2 建設コストの縮減

ケーソン堤体の小型・軽量化とそれによる軟弱地盤の改良幅の縮小により、全体コストの縮減が可能です。

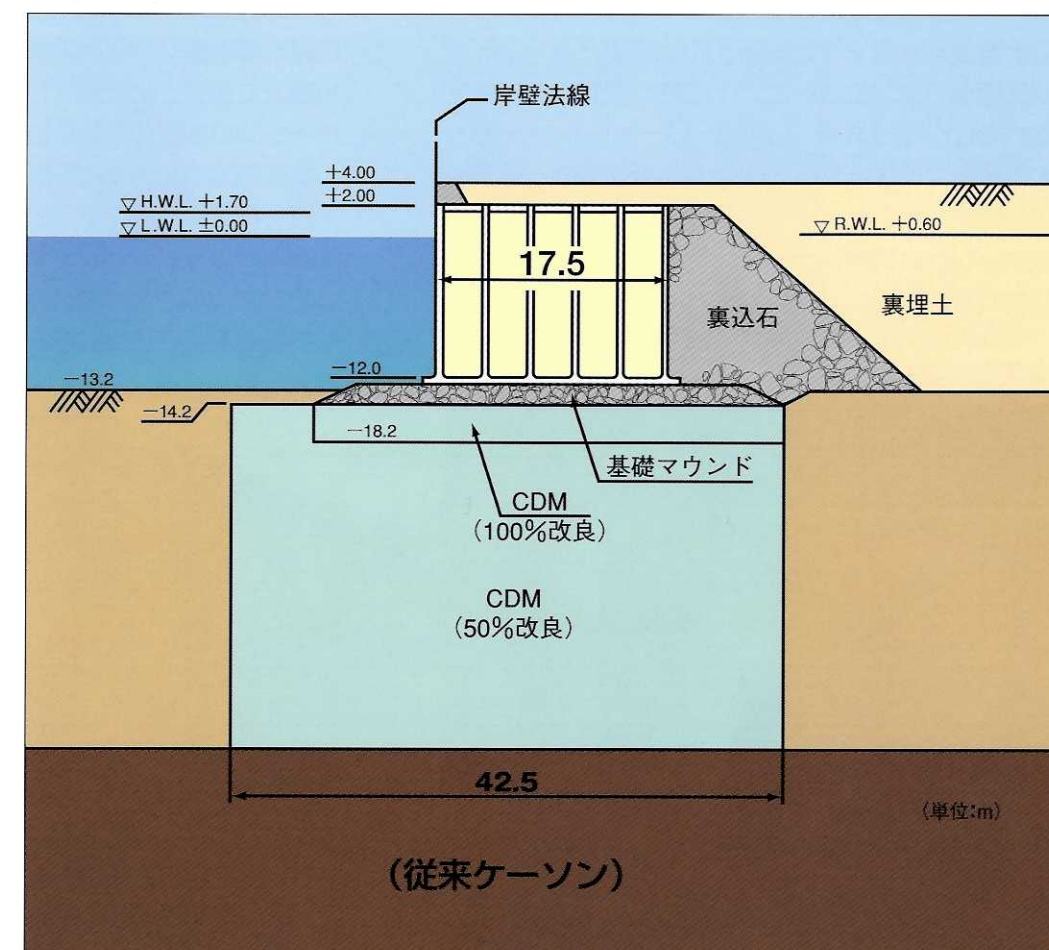
3 従来の施工方法で対応可能

構造自体は、従来型ケーソンとほぼ同じであり、従来の施工方法で十分対応できます。

斜底面ケーソン工法

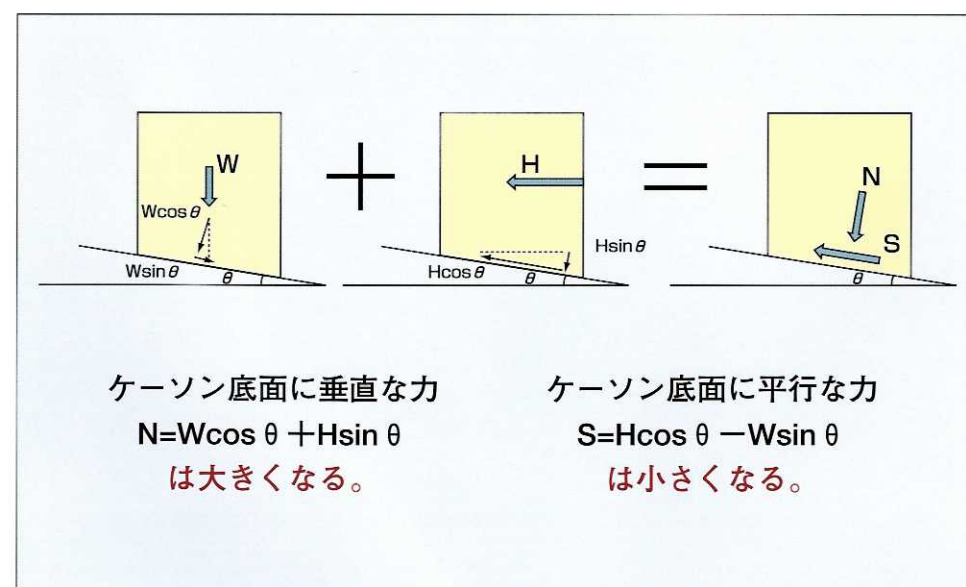


従来工法



基本原理

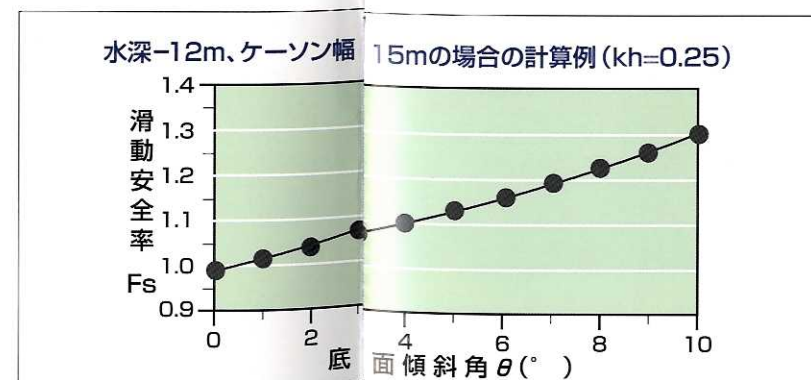
● ケーソン底面をθだけ傾けると



1 滑動安全率

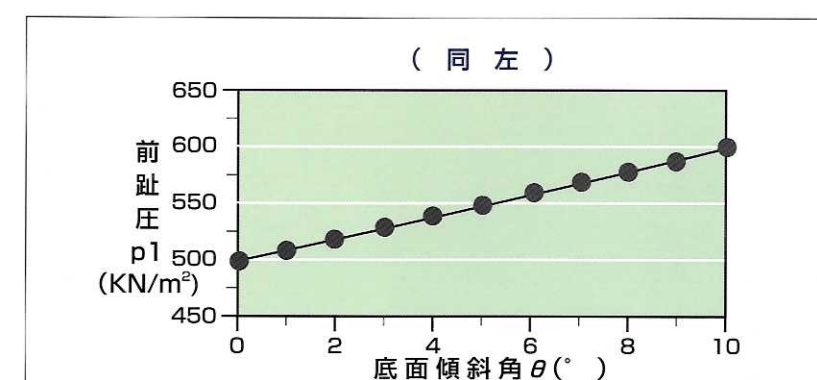
ケーソン堤体に作用する全水平力Hと全鉛直力Wを、傾斜させたケーソン底面に垂直方向の力Nと平行方向の力Sに分解し、滑動安全率Fsを計算します。

底面傾斜角θを大きくすることにより、ケーソン堤体を滑動させる底面に平行方向の力Sは減少し、滑動に抵抗する底面垂直方向の力Nは増加するため、滑動安全率Fsは格段に向上します。



2 地盤反力

ケーソン堤体の底面傾斜角θを大きくするに従い、地盤反力が大きくなります。軟弱地盤上に構築する場合は、その反力に耐える支持力を確保し、底面の傾斜角を長期的に確保できる堅固な地盤に改良することにより、斜底面ケーソン工法の効果を最大限に発揮させることができます。



大型水中振動台による模型振動実験

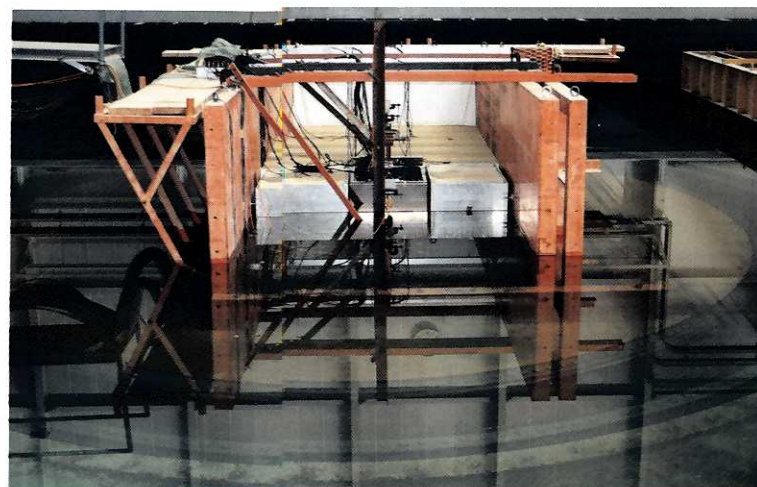
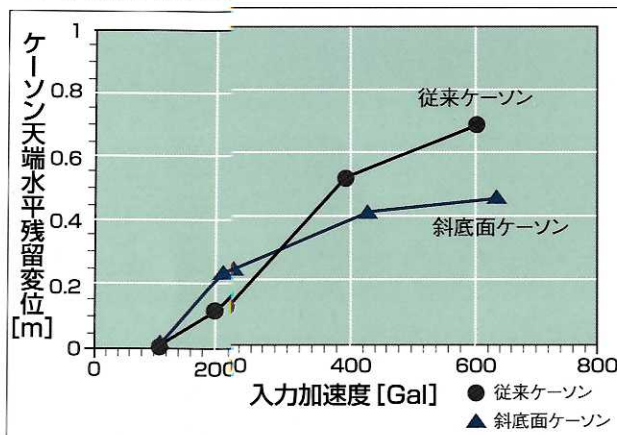
1 基礎実験

設計震度 $K_h=0.25$ で設計された従来ケーソンと、斜底面ケーソンについて、1/22の模型を用い正弦波(10Hz、20波)を入力波とし、ケーソン天端の水平残留変位量と入力加速度の関係を求め、耐震性能を比較しました。その結果斜底面ケーソンは、従来ケーソンと同等以上の性能を有することが確認されました。

●実験内容

ケースモデル	実スケールケーソン堤体幅[m]	底面傾斜角[度]	設計震度[Kh]	実験断面
斜底面ケーソン	15.0	5	0.25	
従来ケーソン	18.0	0	0.25	

●入力加速度と水平変位量(実スケール)

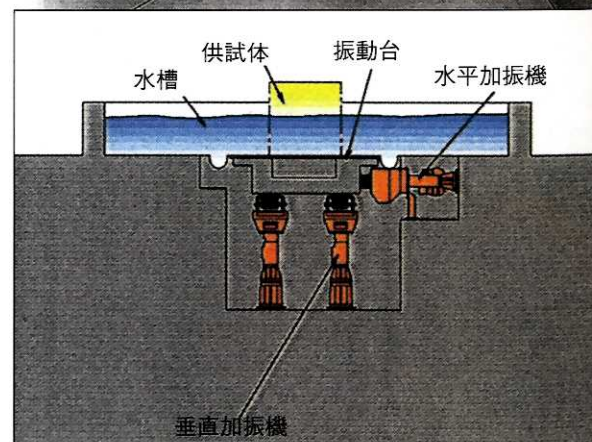
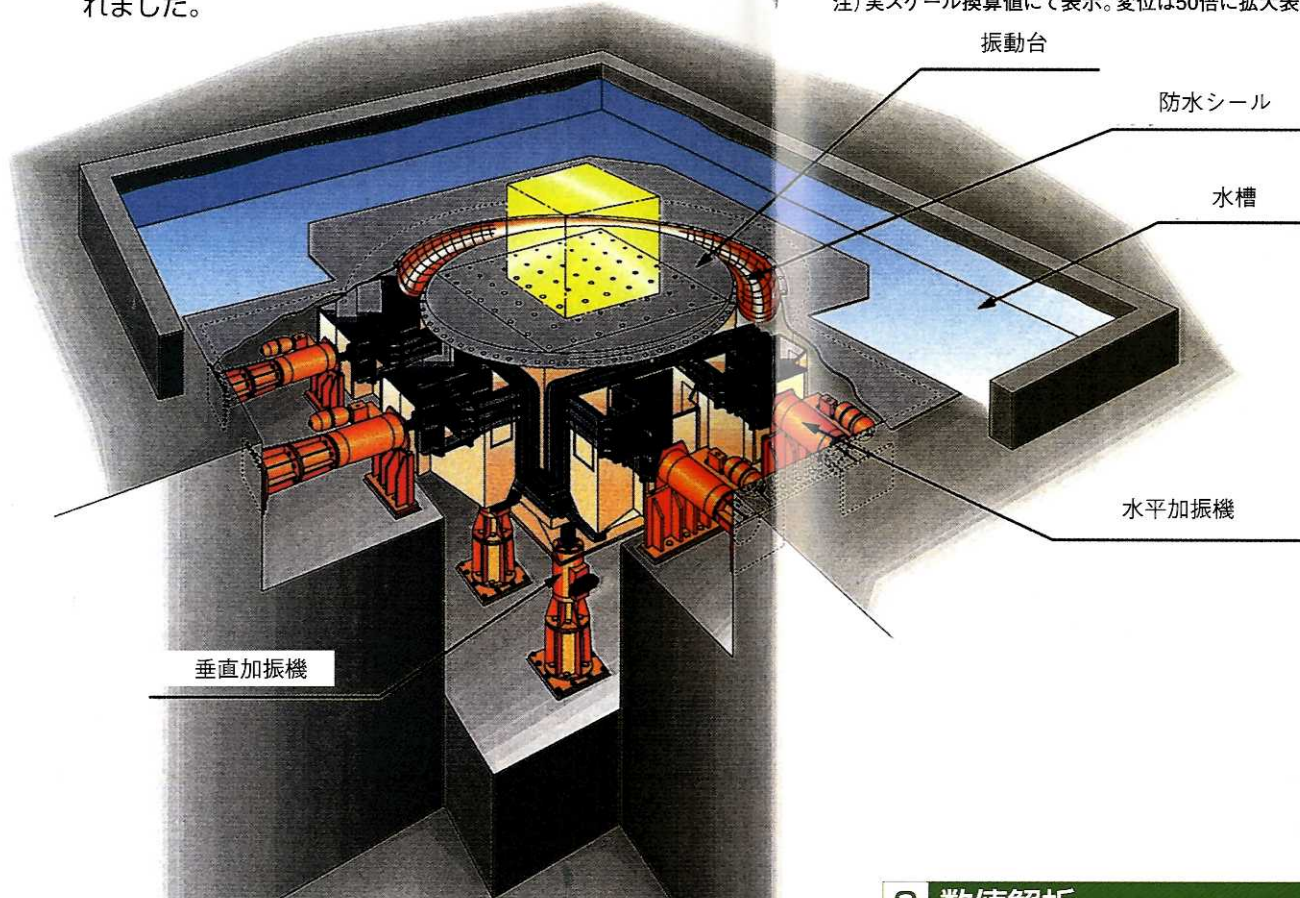


大型水中振動台

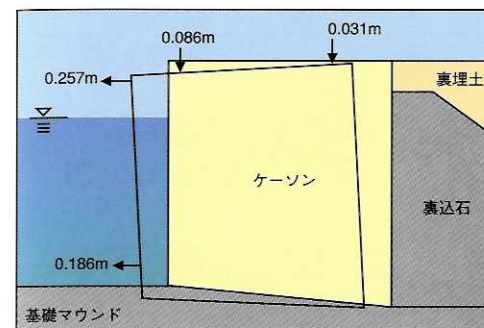
2 確認実験

実際地盤を想定した耐震強化岸壁を対象に、兵庫県南部地震波で加振した実験を行いました。

ケーソンの前面の天端における水平残留変位は実スケール換算で0.257m、鉛直残留変位は0.086m程度であり、実際に兵庫県南部地震で被災した従来ケーソン(耐震強化岸壁ではない)の水平残留変位(=約3~5m)と比較してかなり小さく地震後直ちに供用を開始できる程度の変位量であり、十分な耐震性を有していることが確認されました。

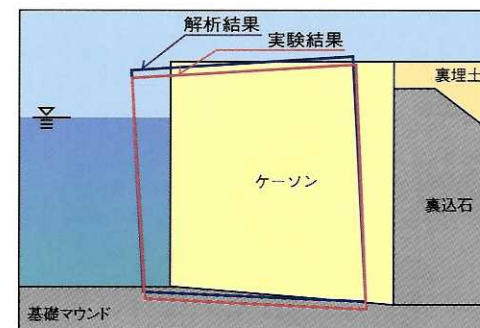


●ケーソンの残留変位状況(実スケール換算)



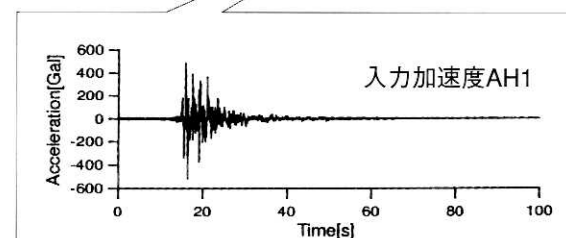
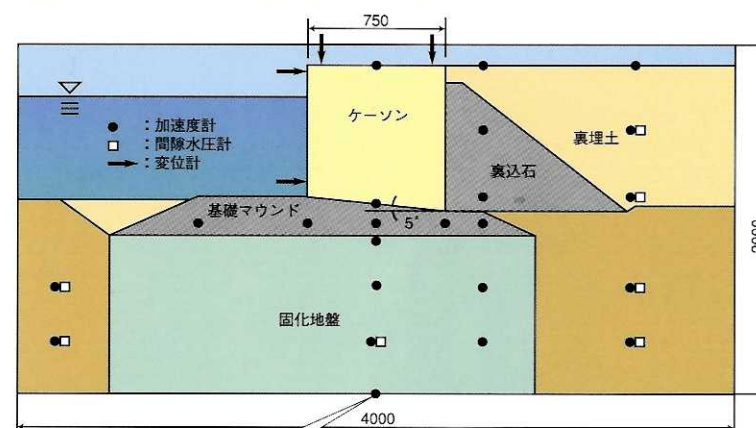
注) 実スケール換算値にて表示。変位は50倍に拡大表示

●FLIPによる確認実験の解析結果残留変位状況



注) 変位は50倍にて拡大表示

●確認実験(底面傾斜角5°)S=1/22

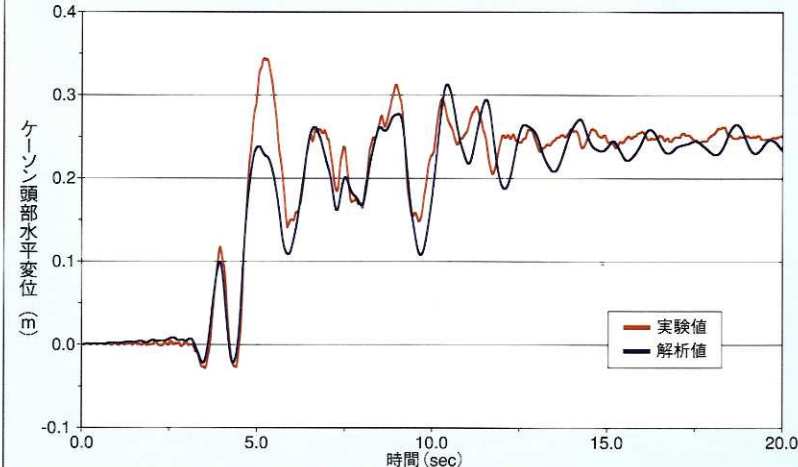


兵庫県南部地震でのポートアイランド地区(K.P.-28m地点)の観測波

3 数値解析

有効応力法による地震応答解析プログラムFLIPを用いて、確認実験を対象とした解析を行ないました。加振中のケーソンの応答や加振後のケーソンの残留変位など確認実験結果を良好に再現することができました。これにより斜底面ケーソンの変形照査にFLIPが適用可能であることが確認できました。

●ケーソン頭部水平変位：実験値と解析値の比較(実スケール換算)



大型水中振動台による模型振動実験

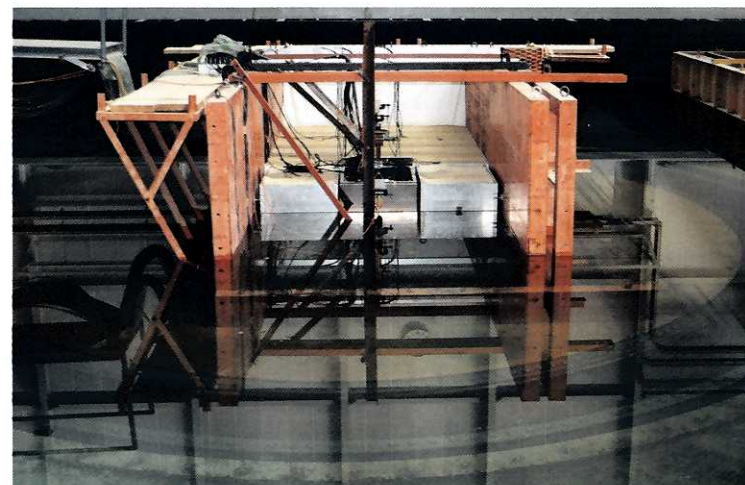
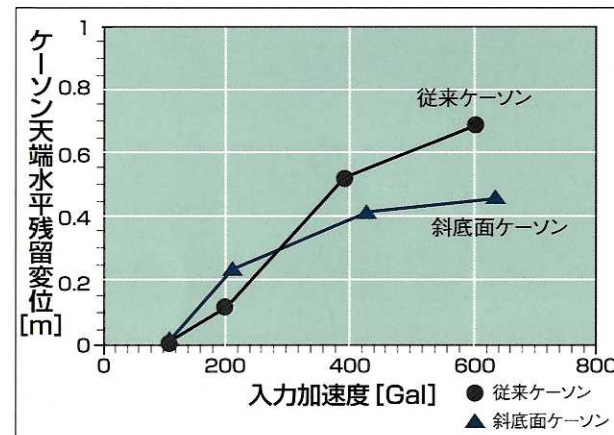
1 基礎実験

設計震度 $K_h=0.25$ で設計された従来ケーソンと、斜底面ケーソンについて、1/22の模型を用い正弦波(10Hz、20波)を入力波とし、ケーソン天端の水平残留変位量と入力加速度の関係を求め、耐震性能を比較しました。その結果斜底面ケーソンは、従来ケーソンと同等以上の性能を有することが確認されました。

●実験内容

ケースモデル	実スケールケーソン堤体幅[m]	底面傾斜角[度]	設計震度 $[K_h]$	実験断面
斜底面ケーソン	15.0	5	0.25	
従来ケーソン	18.0	0	0.25	

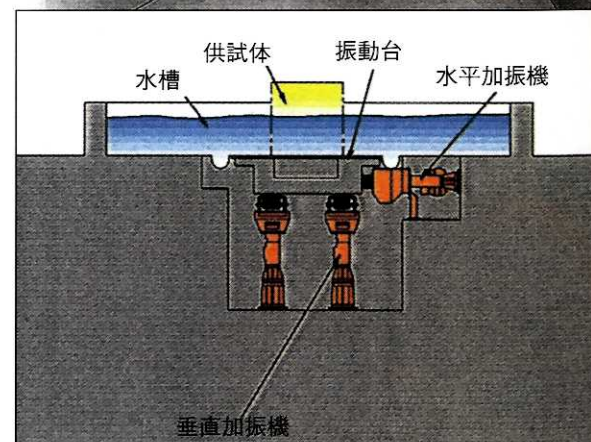
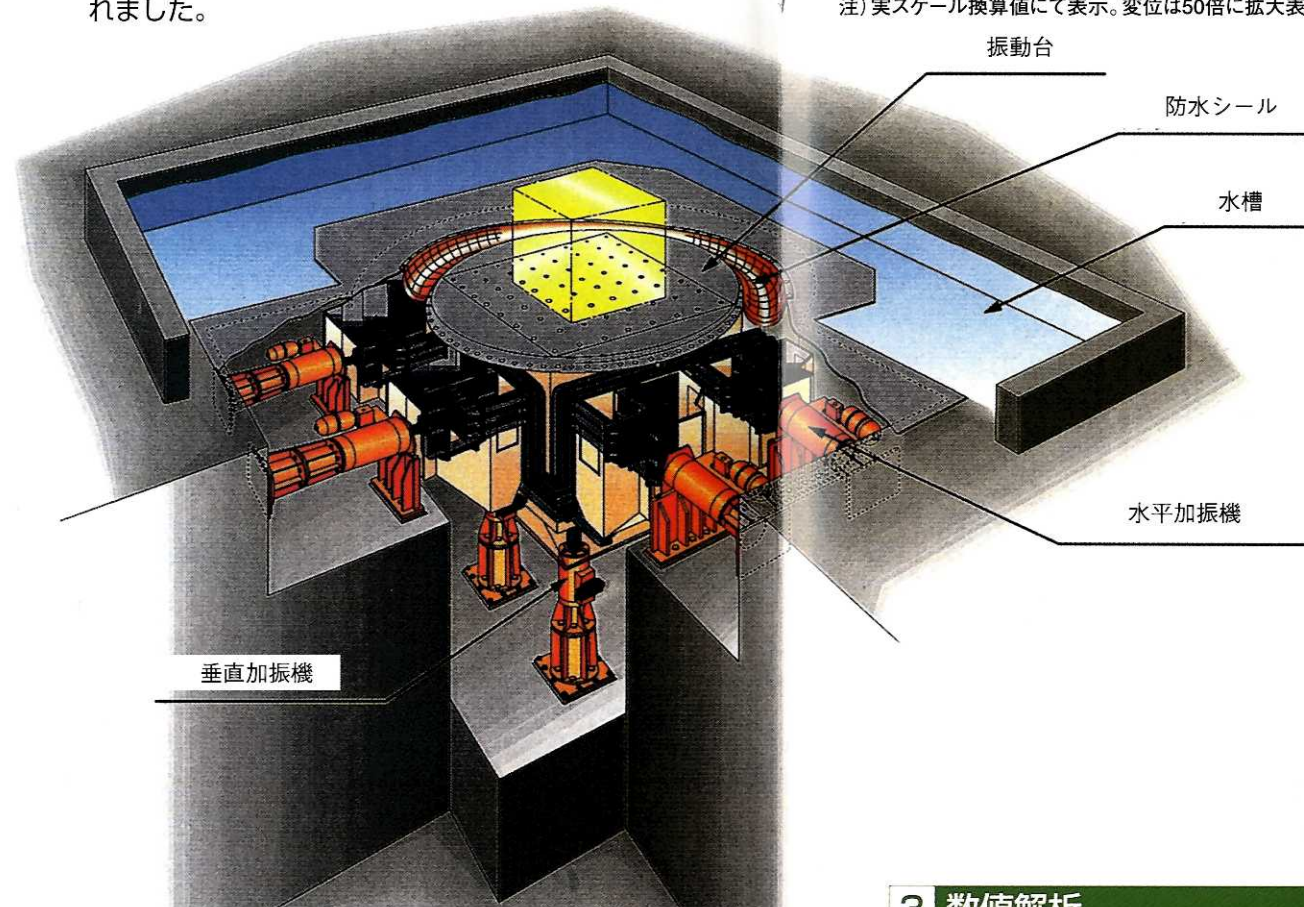
●入力加速度と水平変位量(実スケール)



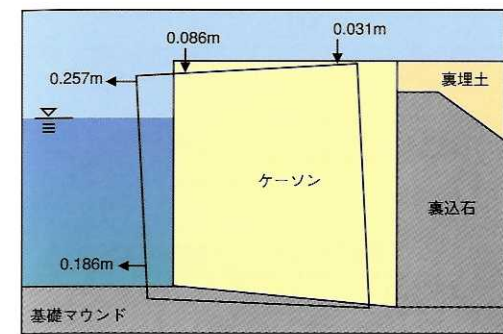
大型水中振動台

2 確認実験

実際地盤を想定した耐震強化岸壁を対象に、兵庫県南部地震波で加振した実験を行いました。ケーソンの前面の天端における水平残留変位は実スケール換算で0.257m、鉛直残留変位は0.086m程度であり、実際に兵庫県南部地震で被災した従来ケーソン(耐震強化岸壁ではない)の水平残留変位(=約3~5m)と比較してかなり小さく地震後直ちに供用を開始できる程度の変位量であり、十分な耐震性を有していることが確認されました。

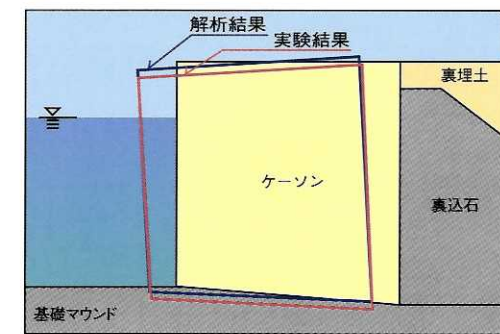


●ケーソンの残留変位状況(実スケール換算)



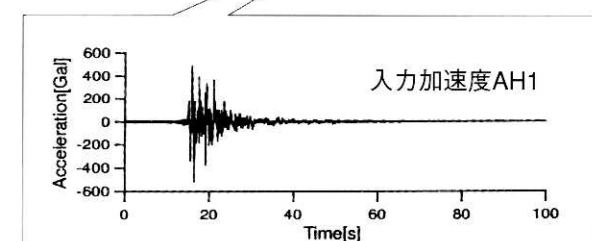
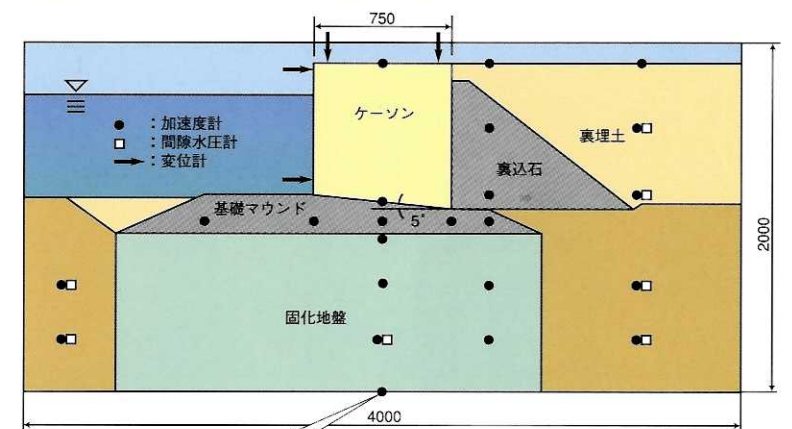
注) 実スケール換算値にて表示。変位は50倍に拡大表示

●FLIPによる確認実験の解析結果残留変位状況



注) 変位は50倍にて拡大表示

●確認実験(底面傾斜角5°)S=1/22

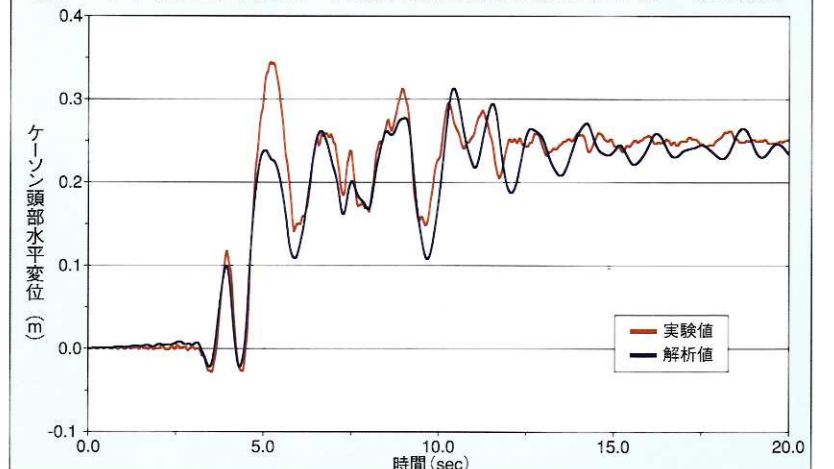


兵庫県南部地震でのポートアイランド地区(K.P.-28m地点)の観測波

3 数値解析

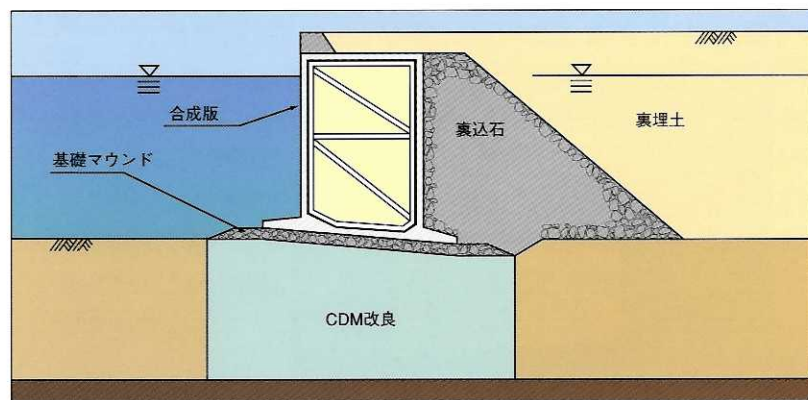
有効応力法による地震応答解析プログラムFLIPを用いて、確認実験を対象とした解析を行ないました。加振中のケーソンの応答や加振後のケーソンの残留変位など確認実験結果を良好に再現することができました。これにより斜底面ケーソンの変形照査にFLIPが適用可能であることが確認できました。

●ケーソン頭部水平変位: 実験値と解析値の比較(実スケール換算)

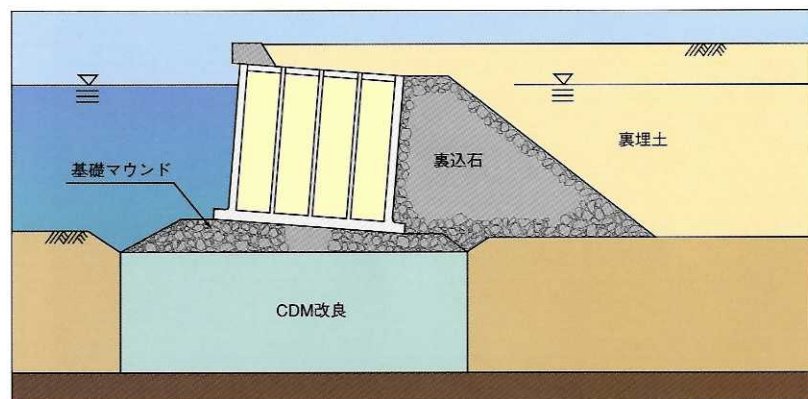


斜底面ケーソンの応用例

●斜底面のハイブリッドケーソン



●従来ケーソンの傾斜設置



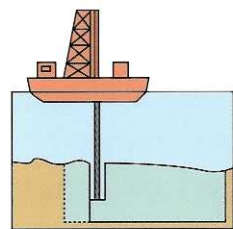
ケーソン吊出状況



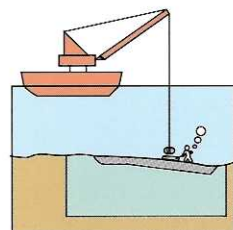
ケーソン据付状況
耐震函据付

施工手順

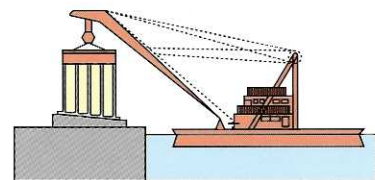
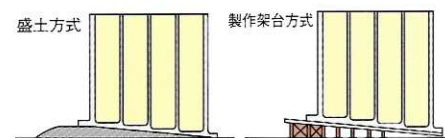
①地盤改良



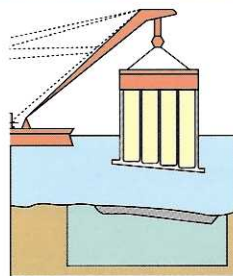
②基礎工



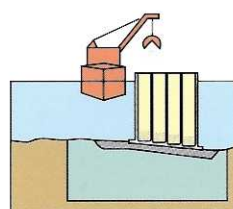
③ケーソン製作工・進水工



④ケーソン曳航据付工



⑤中詰・蓋コン工



⑥裏込石・上部工

⑦付属工

施工実績

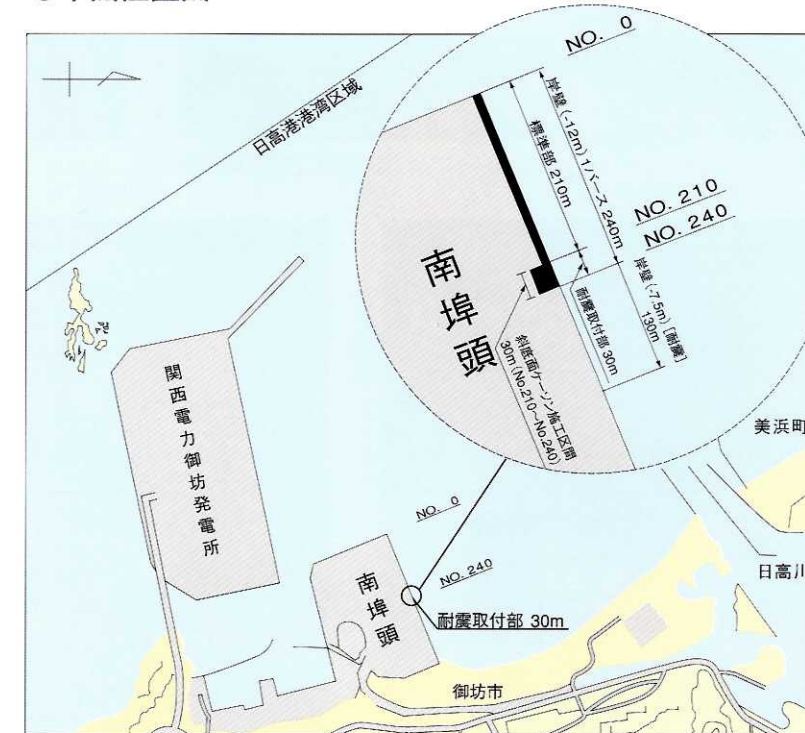
工事名：日高港御坊地区岸壁（-12m）耐震取付部

発注者：国土交通省近畿地方整備局 和歌山港湾工事事務所

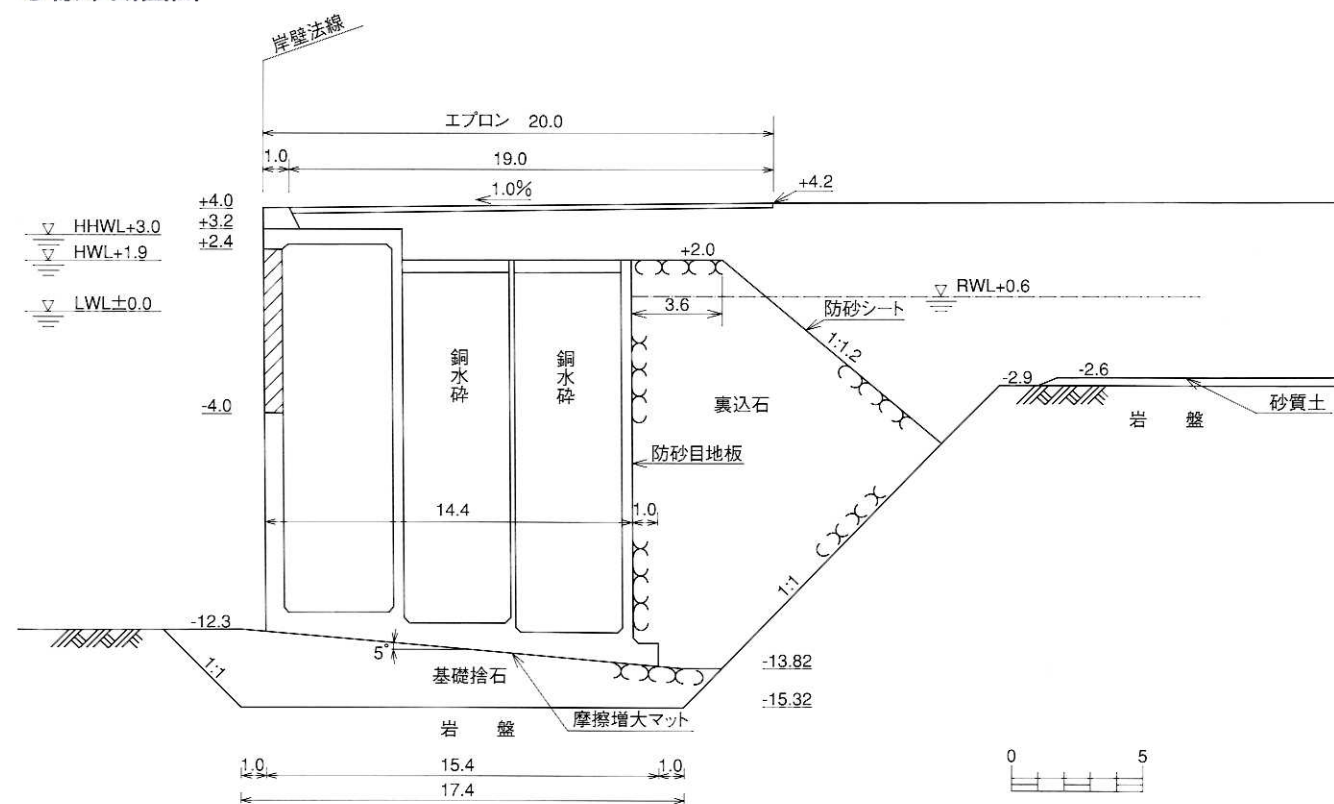
●施工位置図



●平面位置図



●標準断面図



施工状況



ケーソン製作状況



ケーソン完成状況



ケーソン吊出状況



ケーソン曳航状況



ケーソン据付状況

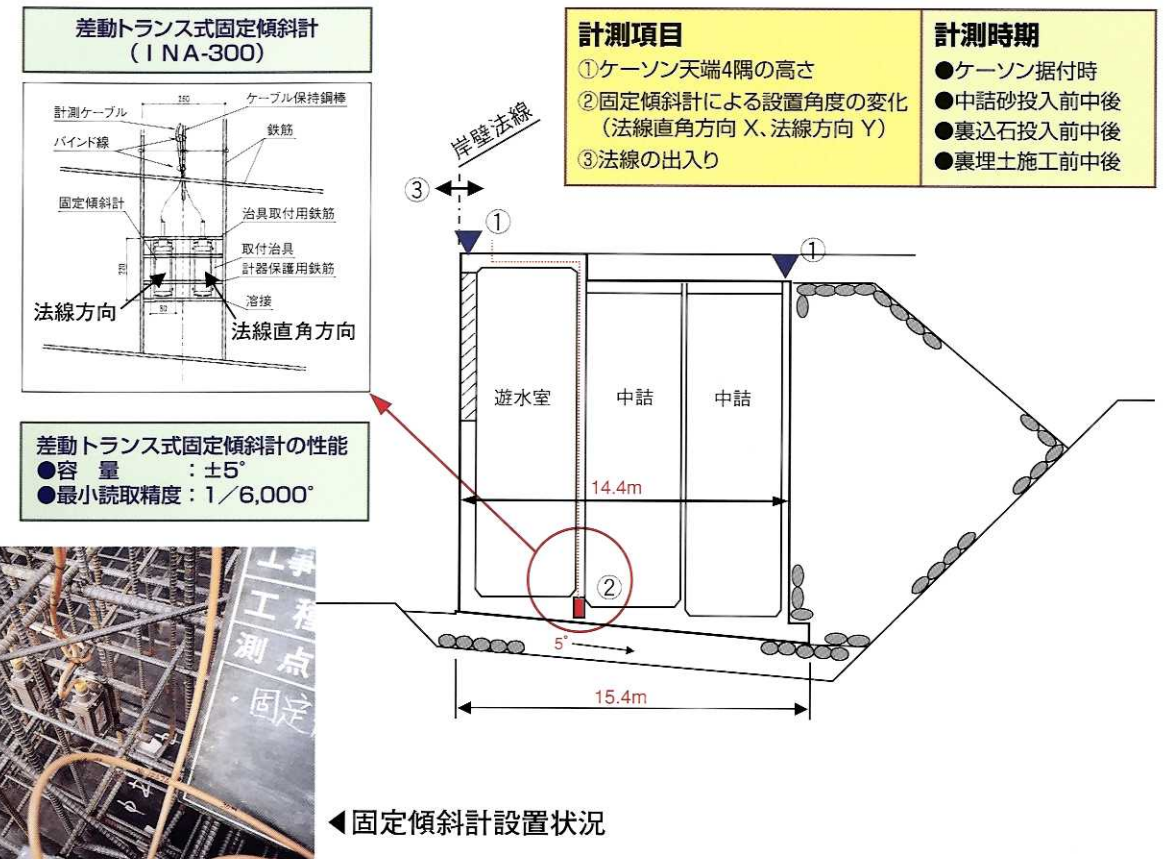


据付完了状況

計測

今後の設計・施工に反映させるべく、斜底面ケーソン式岸壁の各施工段階ごとのケーソン挙動を計測し、ケーソン底面傾斜角の変化等の計測を実施しています。

①計測計画



②計測結果

ケーソン製作時の底面傾斜角の変化は、第1ロッドコンクリート打設から最終コンクリート打設までわずかに 0.02° であり、製作ヤードの沈下が生じていません。

ケーソン据付けについては、基礎地盤が岩盤であることから、基礎の沈下がなく、捨石マウンドのみを対象に底面傾斜角の把握ができ、挙動把握には適した場所になっています。ケーソン据付け後から埋立て完了までの底面傾斜角の変化も約 0.18° と小さい値を示しています。

